

Relações entre caracteres de raiz e ganhos genéticos diretos e indiretos em populações de cenoura

Giovani O da Silva¹; Jairo V Vieira²; Agnaldo DF de Carvalho²; Leonardo S Boiteux²

¹Embrapa Hortaliças-SNT, C. Postal 317, 89460-000 Canoinhas-SC; giovani.olegario@embrapa.br (autor correspondente); ²Embrapa Hortaliças, C. Postal 218, 70351-970 Brasília-DF; jairo.vieira@embrapa.br; agnaldo.carvalho@embrapa.br; leonardo.boiteux@embrapa.br

RESUMO

Informações sobre efeitos múltiplos da seleção para características específicas de raiz ainda são limitadas em cenoura. Neste contexto, os objetivos do trabalho foram: (1) verificar a possibilidade da utilização do efeito direto da análise de trilha em substituição à correlação genética nas estimativas de ganhos correlacionados; (2) identificar estratégias de seleção para a obtenção de ganhos correlacionados em massa de raiz, a seleção de raízes mais grossas ou mais compridas; (3) determinar quais tecidos da raiz possibilitam maiores ganhos para o aumento do diâmetro da raiz; e (4) verificar a possibilidade de obter ganhos positivos concomitantemente, para coloração da raiz e para os demais caracteres avaliados. Três populações de cenoura (derivadas da cv. Brasília) foram cultivadas durante o período do verão no Distrito Federal. Aos 90 dias após a semeadura foram colhidas 25 raízes por parcela e avaliados individualmente os caracteres massa da raiz; comprimento de raiz; diâmetro da raiz e do xilema da raiz; espessura do floema e o valor do componente de cromaticidade a^* do xilema e floema. Foi realizada análise de variância e calculadas as correlações genéticas entre os caracteres. Posteriormente foi realizada a análise de trilha, calculadas as respostas correlacionadas (baseadas na correlação genética e no efeito direto da análise de trilha), e estimação dos ganhos diretos com a seleção. Observou-se que a substituição das correlações genéticas pelos efeitos diretos da análise de trilha para o cálculo dos ganhos correlacionados proporcionou melhor estimação do efeito que a seleção para determinado caráter traria nos demais, após a retirada dos efeitos indiretos. Para massa de raiz não são esperados ganhos correlacionados pela seleção nos demais caracteres avaliados. Para diâmetro da raiz os maiores ganhos correlacionados foram observados pela seleção no caráter espessura do floema da raiz. A seleção exercida exclusivamente para o componente de cromaticidade a^* do xilema provoca a redução principalmente no diâmetro do xilema. No entanto, a seleção direta nestes dois caracteres provoca ganhos positivos para ambos.

Palavras-chave: *Daucus carota*, melhoramento, resposta correlacionada.

ABSTRACT

Relationships among root traits and direct and indirect genetic gains in carrot populations

The amount of information about multiple phenotypic effects of the selection for single root traits is yet limited in carrot. Thus, the objectives of the present work were: (1) verify the possibility of using the direct effects of the path analysis to estimate correlated gains; (2) identify the best strategy to obtain correlated gains for root mass; (3) determine which root tissue would allow the highest gains aiming to increase the root diameter; and, (4) verify the possibility of having gains for root color in conjunction with other evaluated traits. Three carrot populations (derived from the cv. Brasília) were cultivated during the summer in Brasília, Federal District, Brazil. Twenty-five roots were harvested (90 days after sowing) in each plot and the root mass, root length, root diameter, diameter of root xylem; phloem width, and the chromaticity values a^* of the xylem and phloem were evaluated individually. Analysis of variance was carried out with information from within and among populations. The genetic correlations among this set of traits were also calculated. Path analysis was carried out and the correlated response (based upon the genetic correlation) was estimated. The direct effects of the path analysis and the direct gains from selection were also determined. The replacement of the genetic correlations with the direct effects of the path analysis was found to be the best procedure to estimate the single trait selection effect on the other traits after removing the indirect effects. Selection for larger root mass did not show correlated gains for the other evaluated traits. Selection for larger root diameter would result in the largest correlated gain for root phloem thickness. The selection for highest a^* value of the xylem would result in a decrease in the xylem diameter. However, the direct selection for highest a^* value and larger xylem diameter could result in positive gains to both traits.

Keywords: *Daucus carota*, breeding, correlated response.

(Recebido para publicação em 27 de setembro de 2011; aceito em 8 de janeiro de 2013)
(Received on September 27, 2011; accepted on January 8, 2013)

O progresso genético direcionado em qualquer espécie está associado à existência de variabilidade genética, à seleção natural e/ou artificial e à adaptação dos genótipos aos ambientes existentes. Comprovada a presença da variabilidade genética e, sobretudo o valor desta em relação à variação não-genética, o processo seletivo as-

sume grande importância no progresso genético, permitindo acumular alelos favoráveis para a expressão de uma ou várias características de interesse (Falconer, 1989). De acordo com a estratégia de seleção adotada, e o ganho proporcionado, é possível orientar de maneira mais efetiva o programa de melhoramento, bem como prever o

sucesso de diferentes esquemas a serem adotados, decidindo com bases científicas, quais podem resultar em maiores ganhos genéticos do caráter de interesse (Cruz & Regazzi, 2001).

Além disso, as estratégias de melhoramento genético frequentemente enfatizam a seleção para poucas características em cada estágio de seleção.

Entretanto, é importante determinar os efeitos que a seleção para um caráter específico possa ter em outros (Pereira *et al.*, 1994). A existência de associações genéticas entre diferentes caracteres determina se a seleção para um determinado caráter pode ocasionar alterações em outros caracteres, cujo sentido pode ou não ser de interesse para o melhoramento. Desta forma, o conhecimento das correlações entre caracteres é crucial. Essas informações permitem a construção de estratégias de seleção eficientes para uma característica de fenotipagem complexa que apresente no entanto, alta correlação genética com outras de mais fácil mensuração e/ou com maiores herdabilidades (Goldenberg, 1968; Baker, 1986; Cruz & Regazzi, 2001; Silva *et al.*, 2006). A utilização da análise de trilha (Li, 1975) permite desdobrar os coeficientes de correlação simples em seus efeitos diretos e indiretos, melhorando o entendimento das relações de causa e efeito entre as variáveis estudadas (Barbosa, 1996; Carvalho *et al.*, 2004).

Nos programas de melhoramento genético de cenoura (*Daucus carota*), visando o desenvolvimento de novas cultivares, as características rendimento (produção) e aparência das raízes são muito importantes (Simon *et al.*, 2008). Além disso, grande importância é dada ao teor de β -caroteno da raiz, visto seus benefícios à saúde humana como antioxidante e precursor da vitamina A (Carvalho *et al.*, 2006). Michalik *et al.* (1985) mostraram a associação entre a pigmentação mais intensa das raízes, especialmente de sua parte interna, com maior conteúdo de caroteno. Da mesma forma, estudos realizados por Pereira (2002), concluíram que o uso de medidas de cor do sistema Hunter e do sistema CIE $L^*a^*b^*$ podem ser utilizados na seleção para maiores teores de carotenoides em cenoura.

O conjunto de informações sobre efeitos fenotípicos múltiplos da seleção para uma determinada característica de raiz e estimativa de ganhos correlacionados ainda é limitado em cenoura (Vieira *et al.*, 2003). Neste contexto, os objetivos do trabalho foram: (1) verificar a possibilidade da utilização do efeito direto da análise de trilha em substituição à correlação genética nas estimativas de

ganhos correlacionados; (2) identificar estratégias de seleção para a obtenção de ganhos correlacionados em massa de raiz, a seleção de raízes mais grossas ou mais compridas; (3) determinar quais tecidos da raiz possibilitam maiores ganhos para o aumento do diâmetro da raiz; e (4) verificar a possibilidade de obter ganhos positivos concomitantemente, para coloração da raiz e para os demais caracteres avaliados.

MATERIAL E MÉTODOS

Três populações de cenoura ('0312323', '0312324' e '0312325') derivadas da cultivar 'Brasília' foram cultivadas no verão de 2004, no Distrito Federal, em blocos casualizados com cinco repetições e parcelas de 1 m² (cinco linhas espaçadas em 20 cm). O desbaste foi realizado 30 dias após o semeio, de modo que os espaçamentos foram de 2 cm entre plantas. A semeadura foi realizada manualmente. A colheita foi realizada 90 dias após a semeadura, colhendo-se 25 raízes por parcela. Foram avaliados os seguintes caracteres: massa da raiz (MAS) (g), comprimento de raiz (COM) (cm); diâmetro da raiz (DRA) (cm); diâmetro do xilema da raiz (DXR) (cm) e espessura do floema da raiz (EFR) (cm). Os dados de diâmetro e espessura foram avaliados no terço superior do comprimento das raízes. O valor do componente colorimétrico a^* foi obtido via leitura colorimétrica direta para os tecidos de xilema (a^*X) e floema (a^*F). Foi empregado o analisador de cor de tristímulos compacto Minolta CR-200b (Minolta Corporation Instrument System Division). Segundo Pereira (2002), a utilização do parâmetro a^* pode estimar o teor de β -caroteno das raízes de cenoura com segurança. Foi realizada análise de variância com informação entre populações e dentro de população e calculadas as correlações genéticas entre os caracteres. Após diagnóstico de multicolinearidade e correção pelo coeficiente K, foi realizada a análise de trilha, de modo a identificar a magnitude dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres sobre o caráter massa de raízes. As análises foram conduzidas com a utilização do aplicativo computacional 'Genes' (Cruz, 2006).

As magnitudes dos coeficientes de correlação foram classificadas conforme Carvalho *et al.* (2004): $r=0$ (nula); $0<|r|\leq 0,30$ (fraca); $0,30<|r|\leq 0,60$ (média); $0,60<|r|\leq 0,90$ (forte); $0,90<|r|\leq 1$ (fortíssima) e $|r|=1$ (perfeita).

A resposta correlacionada foi estimada de acordo com Falconer (1989), utilizando o desvio padrão genotípico dentro de população:

$$RC_y = i h_x \cdot h_y \cdot r_g \cdot \sigma_{g_y}$$

em que: RC_y é a resposta correlacionada da variável y ; i é o índice de seleção, que foi padronizado em 0,24; $h_x \cdot h_y$ é o produto da raiz quadrada da herdabilidade das variáveis x e y ; σ_{g_y} é o desvio padrão genotípico da variável y dentro de população.

Foram também calculados os ganhos correlacionados substituindo-se a correlação genética pelo efeito direto da análise de trilha, visando retirar os efeitos indiretos das associações com os demais caracteres avaliados.

O ganho direto com a seleção dos caracteres foi estimado segundo Simmonds (1979), utilizando o desvio padrão genotípico dentro de população:

$$GS_x = i (h_x)^2 \cdot \sigma_{g_x}$$

em que: GS_x é o ganho por seleção da variável x ; i é o índice de seleção, que foi padronizado em 0,24; $(h_x)^2$ é a herdabilidade da variável x ; σ_{g_x} é o desvio padrão genotípico da variável x dentro de população.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diferenças significativas foram verificadas entre as populações de cenoura para todas as características avaliadas, exceto o valor de cromaticidade a^* do floema. Os coeficientes de variação ambientais variaram entre 1,44% (espessura do floema da raiz) a 13,72% (diâmetro do xilema da raiz), indicando níveis adequados de precisão experimental (dados não apresentados).

Na Tabela 1 estão discriminadas as correlações genotípicas entre os caracteres que apresentaram significância na ANAVA. Para a característica

Tabela 1. Correlações genotípicas entre caracteres fenotípicos avaliados em três populações do grupo Brasília no Distrito Federal (genotypic correlations among phenotypic traits evaluated in three carrot populations from the Brasília group in Brasília, Federal District, Brazil). Brasília, Embrapa Hortaliças, 2010.

	MAS	COM	DRA	DXR	EFR
COM	0,79*				
DRA	0,84*	0,52*			
DXR	0,75*	0,50	0,84*		
EFR	0,51*	0,28	0,69*	0,18	
A*X	-0,12	0,02	-0,18	-0,24	-0,01

MAS= massa da raiz; COM= comprimento da raiz; DRA= diâmetro da raiz; DXR= diâmetro do xilema; EFR= espessura do floema; A*X= parâmetro a* do xilema (MAS= root mass; COM= root length; DRA= root diameter; DXR= xylem diameter; EFR= phloem thickness; A*X= a* xylem parameter); *significativas a 5% de probabilidade pelo teste t (significant at 5% of probability by t test).

Tabela 2. Análise de trilha para massa de raiz com caracteres avaliados em três populações de cenoura do grupo Brasília, demonstrando os efeitos diretos¹ dos caracteres da linha², e os efeitos indiretos dos caracteres da coluna³ em massa de raiz (path analysis for root mass with a set of traits evaluated in three carrot populations from the Brasília group, showing the direct effects¹ of the characters in the line² and the indirect effects of the characters on the column³ in root mass). Brasília, Embrapa Hortaliças, 2010.

Caractere	Efeito indireto					Efeito direto ¹
	COM ³	DRA	DXR	EFR	A*X	
COM ²		0,14	0,12	0,04	-0,01	0,46
DRA	0,24		0,21	0,09	0,01	0,27
DXR	0,23	0,22		0,02	0,01	0,25
EFR	0,12	0,18	0,04		0,01	0,14
A*X	0,01	-0,04	-0,06	-0,01		-0,01

COM= comprimento da raiz; DRA= diâmetro da raiz; DXR= diâmetro do xilema; DFR= espessura do floema; A*X= parâmetro a* do xilema (COM= root length; DRA= root diameter; DXR= xylem diameter; EFR= phloem thickness; A*X= a* xylem parameter).

massa de raiz (MAS) foram verificadas correlações positivas (medianas ou fortes) com os caracteres comprimento de raiz (COM), diâmetro da raiz (DRA), diâmetro de xilema de raiz (DXR) e a espessura do floema da raiz (EFR). Esses resultados indicam que é possível obter ganhos correlacionados para massa de raiz com a seleção de raízes mais espessas e com maiores comprimentos, principalmente se a seleção for baseada no diâmetro da raiz. A observação de que maior diâmetro da raiz determina maior massa de raiz está de acordo com estudos conduzidos por Natarajam & Arumagan (1980), McCollum (1971), Alves *et al.* (2006), Silva & Vieira (2008) e Silva *et al.* (2009).

Para diâmetro das raízes, correlações fortes com os diâmetros de xilema e espessura de floema foram observadas.

No entanto, a característica diâmetro do xilema mostrou maior influência no diâmetro da raiz. Isto indica que quanto maior o diâmetro do xilema, maior o diâmetro da raiz. A associação entre maior diâmetro do xilema e maior diâmetro da raiz é concordante com os dados obtidos por Silva & Vieira (2008) e Silva *et al.* (2009). Não foi observada correlação significativa entre o diâmetro do xilema e espessura de floema. Alves *et al.* (2006) verificaram correlação fraca entre estes dois caracteres. Correlação positiva entre comprimento de raiz e diâmetro de raiz de 0,52 foi verificada no presente trabalho, discordando dos resultados obtidos por Silva & Vieira (2008) e Silva *et al.* (2009). Em um dos ambientes esses autores observaram uma correlação positiva e fraca e em outro ambiente não foi verificada asso-

ciação. A raiz de cenoura primeiramente cresce em comprimento para só depois crescer em diâmetro (Esau, 1940). Assim, normalmente é observado que raízes mais compridas apresentam-se mais finas pois as raízes mais curtas apresentariam maior facilidade para o aumento de diâmetro com uma mesma produção de fotoassimilados pelas plantas (Silva *et al.*, 2009). Desta forma, esta associação precisa ser mais bem investigada.

O valor de cromaticidade a* do xilema (a*X) não apresentou correlações significativas com os demais caracteres, o que indica a ausência de resposta correlacionada com a seleção deste parâmetro. Por sua vez, a relação entre os demais caracteres com massa de raiz é mais bem entendida com a utilização de análise de trilha (Tabela 2). Pelos ganhos diretos, comprimento de raiz apresentou-se como o caráter de maior influência em massa de raiz. Porém, depois de desinflacionado dos efeitos indiretos de outros caracteres, o valor do efeito direto (0,46) não foi tão forte quanto o valor da correlação (0,79). Os caracteres diâmetro do xilema e espessura do floema também mostraram efeitos diretos positivos para massa de raiz, porém com magnitude mais fraca que a correlação (Tabela 2). Estes resultados da análise de trilha são concordantes com Silva *et al.* (2009), que verificaram maior efeito direto em massa de raiz para o caráter comprimento de raiz e menores efeitos positivos para diâmetro do xilema e diâmetro da raiz. Isso demonstra a importância da análise de trilha na identificação de uma real associação entre dois caracteres.

Na Tabela 3 são mostrados os ganhos diretos e correlacionados estimados com a seleção de 30% das melhores plantas pertencentes às três populações, em porcentagem em relação à média dos caracteres, de acordo com a correlação genética entre estes. Pode-se verificar que os caracteres que foram correlacionados com massa de raiz apresentaram maior herdabilidade do que este último caráter, porém, apresentaram menor variabilidade genética (verificado pelos valores do desvio padrão genético). Por este motivo, não seriam esperados ganhos correlacionados para massa de raiz.

Tabela 3. Valores de herdabilidade dentro de populações (h^2D), média e desvio padrão genético dos caracteres (DPG); e ganhos com a seleção direta para os caracteres (diagonal)¹; e, pela seleção dos caracteres da linha² são descritos os ganhos correlacionados nos caracteres da coluna³, baseado na correlação genética entre os caracteres, decorrentes da avaliação de três populações de cenoura do grupo Brasília no Distrito Federal (heritability values inside the populations (h^2D), mean and genetic standard deviation of the characters (DPG); and gains with the direct selection to the characters (diagonal)¹; and, with the selection of the characters on the line² based on the genetic correlations among characters, are described the correlationated gains in the characters on the column³, from the evaluation of three carrot populations from the Brasília group in Brasília, Federal District). Brasília, Embrapa Hortaliças, 2010.

	MAS ³	COM	DRA	DXR	EFR	A*X
MAS ²	0,55¹	0,04	9,19	14,14	8,47	-0,08
COM	0,03	0,69	1,83	2,99	1,47	0,01
DRA	0,02	0,07	2,89	3,00	2,17	-0,02
DXR	0,01	0,02	0,57	2,45	0,18	-0,01
EFR	0,01	0,02	0,71	0,31	2,28	-0,01
A*X	-0,02	0,03	-3,83	-8,73	-0,21	1,92
h^2D	0,04	0,11	0,53	0,23	0,47	0,47
Média	58,29	14,72	2,11	0,81	1,31	31,26
DPG	6,64	1,28	0,35	0,17	0,18	3,66

MAS= massa da raiz; COM= comprimento da raiz; DRA= diâmetro da raiz; DXR= diâmetro do xilema; EFR= espessura do floema; A*X= parâmetro a* do xilema, DPG= desvio padrão genético (MAS= mass; COM= lenght; DRA= root diameter; DXR= xylem diameter; EFR= phloem thickness; A*X= a* xylem parameter, DPG= genetic standard deviation).

Tabela 4. Efeito direto dos caracteres da linha¹ nos caracteres da coluna²; ganhos com a seleção direta para os caracteres (diagonal)³; e, pela seleção dos caracteres da linha⁴, são descritos os ganhos correlacionados nos caracteres da coluna⁵, considerando o efeito direto da análise de trilha em substituição à correlação genéticas entre os caracteres, decorrentes da avaliação de três populações de cenoura do grupo Brasília no Distrito Federal (direct effects of the characters on the line¹, of the characters on the column²; gains with the direct selection to the characters (diagonal)³; and, with the selection of the characters on the line⁴, are described the correlationated gains in the characters on the column⁵, considering the direct effects of the path analysis in replacing to the genetic correlation among the characters, from the evaluation of three carrot populations from the Brasília group in Brasília, Federal District). Brasília, Embrapa Hortaliças, 2010.

Efeitos diretos da análise de trilha						
	MAS ²	COM	DRA	DXR	EFR	A*X
MAS ¹	-	0,98	0,12	0,19	0,17	-0,09
COM	0,46	-	-0,02	-0,02	-0,06	0,21
DRA	0,27	-0,12	-	1,00	1,00	-0,10
DXR	0,25	-0,08	0,63	-	-0,99	-0,20
EFR	0,14	-0,11	0,49	-0,59	-	0,08
A*X	-0,01	0,09	-0,01	-0,03	0,02	-
Ganhos diretos e correlacionados						
	MAS ⁵	COM	DRA	DXR	EFR	A*X
MAS ⁴	0,55³	0,05	1,31	3,85	2,84	-0,06
COM	0,02	0,69	-0,07	-0,12	-0,32	0,05
DRA	0,01	-0,02	2,89	3,58	3,17	-0,01
DXR	0,01	-0,01	0,43	2,45	-1,03	-0,01
EFR	0,01	-0,01	0,50	-1,04	2,28	0,01
A*X	-0,01	0,12	-0,20	-1,07	0,63	1,92

MAS= massa da raiz; COM= comprimento da raiz; DRA= diâmetro da raiz; DXR= diâmetro do xilema; EFR= espessura do floema; A*X= parâmetro a* do xilema (MAS= mass; COM= lenght; DRA= root diameter; DXR= xylem diameter; EFR= phloem thickness; A*X= a* xylem parameter).

O ganho direto para massa de raiz seria de apenas 0,55% em um ciclo de seleção, devido ao reduzido valor de herdabilidade. Esse é um caráter quantitativo, e portanto, normalmente sofre maior influência do ambiente que seus caracteres componentes (Vieira, 1988; Silva *et al.*, 2009). A seleção em massa de raiz, devido à maior variabilidade genética (6,64), proporcionaria maiores ganhos correlacionados para diâmetro do xilema (14,14), diâmetro da raiz (9,19) e espessura do floema (8,47), do que a seleção direta para estes três caracteres (Tabela 3). Verificou-se ainda que devido ao maior valor de herdabilidade do caráter espessura do floema, em comparação com o diâmetro do xilema, a seleção no primeiro caráter traria maiores ganhos no diâmetro da raiz (0,71) (Tabela 3).

Para o parâmetro a* do xilema, os resultados indicam que a seleção direta é mais eficiente que a seleção indireta (Tabela 3). A seleção para valores maiores desse caráter proporcionaria ganhos correlacionados negativos nos caracteres: DRA (-3,83), DXR (-8,73) e EFR (-0,21). Sendo que para diâmetro da raiz e diâmetro do xilema de raiz, os ganhos correlacionados negativos superam os ganhos diretos positivos estimados, devido à maior presença de variabilidade genética para o caráter a*X. Isto pode ter ocorrido devido aos carotenoides serem produzidos até certa fase de desenvolvimento das raízes; enquanto a massa da matéria seca continua sendo acumulada no período em que as folhas produzem fotossíntese; como o volume total é maior nas raízes mais grossas, os carotenoides estariam mais diluídos neste volume de raiz (Pereira, 2002). Estes resultados indicam que não seria possível a obtenção de ganhos correlacionados para maiores teores de carotenoides e espessura dos tecidos da raiz.

Analisando os efeitos diretos da análise de trilha (Tabela 4), verificam-se muitas diferenças em relação aos valores de correlação. A espessura do floema e diâmetro do xilema da raiz apresentaram efeitos diretos e negativos entre si (-0,59 e -0,99), associação que só foi possível visualizar depois da retirada dos efeitos indiretos proporcionada pela análise de

trilha. O diâmetro do xilema manteve a maior associação com o diâmetro da raiz (0,63), em comparação com a espessura do floema (0,49).

Substituindo-se os valores de correlação pelos valores diretos da análise de trilha, verifica-se que para maior massa de raiz, apesar da existência de correlação e efeito direto de outros caracteres, não seriam esperados ganhos correlacionados (Tabela 4), devido principalmente à reduzida variabilidade genética destes (Tabela 3).

Para maior diâmetro da raiz, apesar dos maiores valores de correlação (0,84) e efeito direto (0,63) em relação ao diâmetro do xilema; maiores ganhos correlacionados seriam esperados pela seleção em espessura do floema da raiz (0,50), devido principalmente ao maior valor de herdabilidade deste caráter (0,47). A seleção para maior valor de a^* do xilema provocaria a diminuição principalmente no diâmetro do xilema (-1,07). No entanto, a seleção direta nestes dois caracteres poderia trazer ganhos positivos para cada um destes, 1,92 e 2,45, respectivamente (Tabela 4).

No presente trabalho pôde-se verificar que a substituição das correlações genéticas pelos efeitos diretos da análise de trilha para o cálculo dos ganhos correlacionados proporcionou melhor estimativa do efeito que a seleção para determinado caráter afetaria nos demais, após a retirada dos efeitos indiretos. Para massa de raiz, não seriam esperados ganhos correlacionados pela seleção nos demais caracteres avaliados. Para diâmetro da raiz, maiores ganhos correlacionados seriam esperados pela seleção em espessura do floema da raiz.

Verificou-se ainda que a seleção para maior valor de a^* do xilema provocaria a diminuição principalmente no diâmetro do xilema; no entanto, a seleção direta nestes dois caracteres poderia trazer ganhos positivos para cada um destes.

REFERÊNCIAS

- ALVES JCS; PEIXOTO JR; VIEIRA JV; BOITEUX LS. 2006. Herdabilidade e correlações genotípicas entre caracteres de folhagem e sistema radicular em famílias de cenoura, cultivar Brasília. *Horticultura Brasileira* 24: 363-365.
- BAKER RJ. 1986. *Selection indices in plant breeding*. Florida: CRC Press. 218p.
- BARBOSAMHP. 1996. *Capacidade combinatória e comparação entre critérios de seleção de clones de batata*. Lavras: UFPA. 138p. (Tese doutorado).
- CARVALHO FIF; LORENCETTI C; BENIN G. 2004. *Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal*. Pelotas: Ed. Universitária da UFPel. 142p.
- CARVALHO PGB, MACHADO CMM, MORETTI CL, FONSECA MEN. 2006. Hortaliças como alimentos funcionais. *Horticultura Brasileira* 24: 397-404.
- CRUZ CD; REGAZZI AJ. 2001. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: Editora UFV. 390p.
- CRUZ CD. 2006. *Programa Genes – Biometria* 1. ed. Viçosa: Editora UFV. 382p.
- ESAU K. 1940. Developmental anatomy of the fleshy storage organ of *Daucus carota*. *Hilgardia* 13: 175-226.
- FALCONER DS. 1989. *Introduction to quantitative genetics*. New York: Longman Group. 438p.
- GOLDENBERG JB. 1968. El empleo de la correlación en el mejoramiento genético de las plantas. *Fitotecnia Latinoamericana* 5: 1-8.
- LI CC. 1975. *Path Analysis: A Primer*. Pacific Grove: Boxwood Press. California, USA. 346p.
- MCCOLLUM GD. 1971. Greening of carrot roots (*Daucus carota* L.): Estimates of heritability and correlation. *Euphytica* 20: 549-560.
- MICHALIK B; ZABAGALO A; ZUKOWSKA E. 1985. Investigation of the interdependence of root color and carotene content in carrot variety Selecta. *Plant Breeding Abstracts* 55: 316.
- NATARAJAM S; ARUMAGAN R. 1980. Association analysis of yield and its components in carrot (*Daucus carota* L.). *Madras Agriculture Journal* 9: 594-597.
- PEREIRA AS; TAI GCC; YADA RY; TARN TR; SOUZA-MACHADO V; COFIN RH. 1994. Effect of selection for chip color on some economic traits of potatoes. *Plant Breeding* 113: 312-317.
- PEREIRAAS. 2002. *Teores de carotenoides totais em cenoura (Daucus carota L.) e sua relação com a coloração das raízes*. Viçosa: UFV. 128p. (Tese doutorado).
- SILVA GO; SOUZA VQ; PEREIRA AS; CARVALHO FIF; FRITSCHER RN. 2006. Early generation selection for tuber appearance affects potato yield components. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 6: 73-78.
- SILVA GO; VIEIRA JV. 2008. Componentes genéticos e fenotípicos para caracteres de importância agrônômica em população de cenoura sob seleção recorrente. *Horticultura Brasileira* 26: 481-485.
- SILVA GO; VIEIRA JV; VILELA MS. 2009. Seleção de caracteres de cenoura cultivada em dois sistemas de produção agroecológicos no Distrito Federal. *Revista Ceres* 56: 595-601.
- SIMMONDS NW. 1979. *Principles of crop improvement*. New York: Longman. 408p.
- SIMON PW; FREEMAN RE; VIEIRA JV; BOITEUX LS; BRIARD M; NOTHNAGEL T; MICHALIK B; KWON YC. 2008. *Carrot*. In: 2: 327-357. PROHENS J; NUEZ F (org). Handbook of Plant Breeding – Vegetables, Volume II. *Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae*. Springer, New York, USA.
- VIEIRA JV. 1988. *Herdabilidades, Correlações e índice de seleção em população de cenoura (Daucus carota L.)*. Viçosa: UFV. 86p. (Tese doutorado).
- VIEIRA JV; CHARCHAR JM; ARAGÃO FAS; BOITEUX LS. 2003. Heritability and gain from selection for field resistance against multiple root-knot nematode species (*Meloidogyne incognita* race 1 and *M. javanica*) in carrot. *Euphytica* 130: 11-16.